

Tehtävä 1: Aineistotehtävä - ICT-trendit 2015

Lue ohjeinen blogikirjoitus, jossa esitellään ICT-alan trendejä vuodelle 2015. Kirjoita essee, jossa esittelet omia näkemyksiäsi siitä

1. Kuinka kirjoituksessa mainitut trendit ovat näyttäytyneet ja toteutuneet tähän mennessä tavallisen tietotekniikan käyttäjän näkökulmasta
2. Miten trendit vaikuttavat kouluissa, koulutuksessa ja opiskelussa nyt ja lähitulevaisuudessa

Arviointiperusteet (25 p yhteensä):

- Kaikkien 10 trendin huomioiminen (10 p)
- Molempien näkökulmien 1 ja 2 huomioiminen (10 p)
- Tekstikokonaisuus, sujuvuus ja näkemyksen perustelut (5 p)

Lisäksi arviointiin vaikuttavat:

- Oikeakielisyys, ymmärrettävyys, kirjoitustyyli ja asiatekstin piirteet
- Näkemysten suhde käsitteisiin ja reaailmaailman ilmiöihin

Tässä eräitä artikkelissa käytettyjä lyhenteitä auki kirjoitettuna:

SDN = Software Defined Network

P2P = Peer to Peer

WebRCT = Web with Real Time Communications

10 ICT-alan trendiä 2015: Oletko valmis digitaaliseen muuntautumiseen?

Kevin Bloch, Chief Technology Officer, Cisco Australia ja Uusi-Seelanti, 22. tammikuuta 2015.

Yksi työni parhaita puolia on se, että voin viettää paljon aikaa kuunnellen hyvin fiksuja ihmisiä sekä Cison sisältä että ulkopuolelta. Kun toimimme niin monella globaalilla teknologiateollisuuden osa-alueella, niin olen hienolla paikalla katsomassa mihin teknologiat ovat kehittymässä. Niinpä joka vuosi tähän aikaan käytän mahdollisuutta hyväkseni ja ennustan mitä alkavana vuonna tapahtuu.

Ei liene suuri yllätys, että keskeisin teema, josta tulette kuulemaan tänä vuonna on digitalisaatio ja sen osa-alue esineiden internet (Internet of Things). Seuraavien 12 kuukauden aikana yritykset käyttävät maailmanlaajuisesti yli 40 miljardia dollaria esineiden internetin suunnitteluun ja toteuttamiseen. Jo tällä hetkellä 38 % teknologiasta on perinteisen IT:n ulkopuolella.

1. ”Dataista” nyt – jokainen yritys on digitaalinen yritys – entä sinun yrityksesi?

Aivan kuten öljy oli moottorina teollisessa vallankumouksessa, niin data on moottorina tietämyksen vallankumouksessa ja tietämyksen taloudessa. Data on uusi öljy, ja kuten öljy se tarvitsee louhintaa, valjastusta ja tislautusta, jotta siitä tulee käyttökelpoista. Huolimatta alkuvaiheen epäilyistä, että massadata (big data) on ylimainostettua, ovat johtajat ja johtavat organisaatiot sukeltamassa data-analytiikkaan. Kuitenkin – jotta data olisi hyödyllistä nopeamman päätöksen teon tueksi ja automatisoinniksi – datan pitää olla reaaliaikaista ja yhä enemmän verkossa käsiteltävää. Tämä vaatii älykkäitä verkkoja, jotka ovat turvallisia ja ennustettavia, jotta fyysinen ja analyttinen maailma voivat yhdistyä.

2. Pilvi – ja taistelu työmäärästä

IT-osastot ottavat yhä enemmän käyttöön yhdistettyjä pilvipalveluja ja laajentavat näkökulmaansa sovelluksista työmäärään, joka tarkoittaa kaikkea mitä tarvitaan sovelluksen ajamiseen. Toisaalta yhdistetyt pilvipalvelut kilpailuttavat pilvipalvelujen tarjoajia toisiaan vastaan vähentääkseen työmäärää. Työn määrä ja työn organisointi ovat avainasemassa. Kustannuksissa polttopiste siirtyy yksikkökustannuksista (tietokone, tallennusyksikkö) kokonaistyömäärän kustannuksiin. Pilvistä tulee yhä erikoistuneempia hallintoon, koneiden väliseen kommunikaatioon ja esineiden internetiin.

3. Mobiili – *sinulle avautuvat tiedon kanavat*

Mobiilipalvelujen tuottajat keräävät tietoa sinusta, sinun tavaroistasi, käyttäytymisestäsi, jopa toiveistasi – olet sitten missä tahansa. Aiemmin ”mobiili” tarkoitti vain sitä itseään, nyt se on paljon enemmän. Jos data on öljy, niin mobiili on öljyputki. Mobiili helpottaa uusien innostavien käyttäjäkokemusten luomista. Se tarjoaa uuden ansaintalogiikan ja kanavat kaupankäynnille ja teollisuuden automatisoinnille.

4. Kyberturvallisuudesta tulee liiketoimintaprosessi

Vuonna 2014 turvallisuus oli vähiten valittu vaihtoehto tietohallintojohdolle tehdyssä kyselyssä, mutta 75% vastaajista odottaa sen merkityksen kasvavan vuonna 2015. Kyberrikollisuuden torjunta vie edelleen paljon rahaa, on tungettelevaa, yleistä, ja kyberrikollisuuden selvittely vaatii yhä enemmän aikaa. Teollisuus on siirtymässä ennakoivasta lähestymistavasta uuteen ”ennen, aikana, jälkeen” -lähestymistapaan. Julkishallinto lisää omia toimenpiteitään ja säätelyä.

5. Ohjelmistot ovat keskiössä

Monet nykyhetken suurimmista yrityksistä muodostuvat riveistä ohjelmakoodia (hyvin paljon rivejä!) – kuten Uber, LinkedIn, Airbnb. Älypuhelimien arvo ja mahdollisuudet riippuvat hyvin pitkälle käyttämistäsi ohjelmista (appsit). Koska seuraavan sukupolven ICT perustuu suurelta osin pilvipalveluihin ja mobiilisovelluksille, ohjelmistojen mahdollisuudet ovat vasta alkaneet. Mutta ei mennä liian kauas tulevaisuuteen – ohjelmistot, pilvet ja älypuhelimet tarvitsevat kuitenkin laitteistoalustan, jossa ne toimivat. Kun käyttötarpeet kasvavat, niin laitteet pysyvät kriittisenä osana kokonaisuutta.

6. Kytkeytyminen ja SDN – *kaikki riippuu verkosta – niin se vain on*

Ethernet-verkkoihin on kytkeytynyt yli 20 miljardia laitetta vuoteen 2018 mennessä, jolloin ne leviävät perinteisen IT:n ulkopuolelle ja syntyy itsenäisiä verkkoja, joita tarvitaan esineiden internetiin. IT ja OT (operaatioteknologia) skaalautuvat yhä kasvavan datamäärän vuoksi, jolloin ohjelmistojen määrittelemät verkot ja virtualisointi tekevät verkot yksinkertaisemmiksi.

7. Videot ja kaikkialle leviävät näytöt – *katsele mitä vain, missä vain, milloin vain*

Vähitellen jokainen pinta muuntuu näytöksi ja kaikki sisällöt muuntautuvat videoiksi. Maailma on monikanavainen, ja tällä on vaikutuksia sisältöön, jakeluun, viestintään, mainostukseen ja analytiikkaan. Videoiden suoratoisto

lähestyy suosiossa television katselua ja internet-videoiden toisto televisiolaitteella yleistyy nopeasti, nelinkertaistuen vuoteen 2018 mennessä. Kaikkien videomuotojen (TV, maksukanavat, Internet, P2P) yhteismäärä kaikesta asiakasliikenteestä lähestyy 85% vuonna 2018.

8. Pysäköi itsesi – liikenne hoitaa itsensä ja autot kytkeytyvät yhteen

Älypuhelimet, älykodit ja nyt älyautot. Ford, VW, GM, Toyota, Hyundai, Mazda, Audi, BMW, Mercedes ovat kaikki lähestymässä ”kytkettyä autoa”. Vuoden 2014 viimeisellä neljänneksellä AT&T kytki 4G verkon useammalle autolle kuin ihmiselle. Liikenne ja erityisesti autot alkavat muuntautua, koska sillä on näkyvä lisäarvo ja ihmiselämät ovat kyseessä.

9. Uusi teknologia – mihin suunnata katseensa?

Voimme odottaa joka paikkaan leviävää, yhä älykkäämpää, vähemmän sähköä kuluttavaa ja yhä tehokkaampaa puettavaa teknologiaa. Se mahdollistaa itsensä mittaamisen, alituisen läsnäolon ja suuren tarkkuuden paikannuksen. 4G-, WebRTC- ja wifi-teknologioita käyttävät innovaatiot lisääntyvät. Uuden mobiilin maksamisen mahdollisuudet (kuten Apple Pay) lisääntyvät ja uhkaavat nykyistä maksuteollisuutta.

10. Teollisuuden keskittyminen ja mukautuminen jatkuu – oletko yllättynyt?

Tänä vuonna suurimmat teemat sisältävät yritysfuusioita ja siirtymistä uuteen liiketoimintaan investoimalla IT-asiantuntijoihin. Perinteiset IT-toimittajat uudistuvat ostamalla pieniä yrityksiä. Hadoop ja OpenStack-käyttäjät vahvistuvat. Ei-IT-yritykset (kuten GE, GM, autonvalmistajat, kellovalmistajat) tarvitsevat uuden teknologian yrityksiä analytiikkaan, puettavaan teknologiaan, esineiden internetiin jne.

Innostavaa? Vuosi 2015 näyttää uskomattomalta, uudistavalta vuodelta.

Tehtävä 2: Tietoliikenneprotokolla

Johdanto

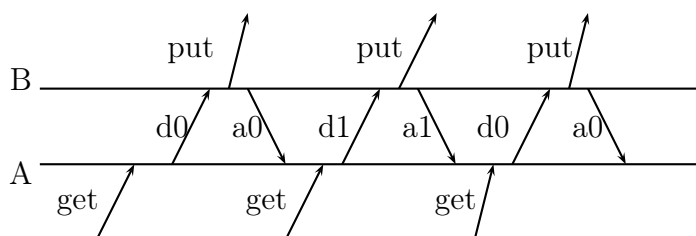
Tarkastellaan tilannetta, jossa tietokone A lähettää datapaketteja tietokoneelle B tiedonsiirtovirheille alttiin kanavan kautta. Datapaketit ovat biteistä eli nollista ja ykkösistä koostuvia jonoja. Tiedonsiirtovirheitä on kahdenlaisia: joko paketti katoaa kokonaan tai paketin bittejä on muuttunut (nolla ykköseksi tai ykkönen nolaksi), jolloin puhutaan *paketin vääristymisestä*. Normaalitilanne on sellainen, että tiedonsiirtovirheitä tapahtuu harvakseltaan.

Tiedonsiirtoon liittyy kaksi nopeutta. Ensinnäkin tietokone voi syöttää kanavaan korkeintaan tietyllä maksimaalisella nopeudella. Tämä nopeus, *kanavan kapasiteetti* (yksikkönä bittejä sekunnissa), riippuu kanavan ominaisuuksista (ja osittain myös tietokoneen rakenteesta, joskin yleensä kanavan ominaisuus on ratkaiseva). Toinen nopeus liittyy bittien etenemiseen kanavassa. Tämä nopeus on yleensä sama kuin valon nopeus väliaineessa (km/s). Jos paketteja siirretään hyvin pitkiä matkoja (tuhansia kilometrejä), niin matkan aiheuttama viive alkaa olla sellainen, että se joissakin tilanteissa täytyy ottaa huomioon. Näiden nopeuksien avulla voidaan laskea, kuinka kauan kestää paketin lähettäminen ja vastaanottaminen.

Vuorottelevan bitin protokolla

Tiedonsiirtoon tietokoneet käyttävät seuraavaa algoritmia eli protokollaa (ns. *vuorottelevan bitin protokolla*). Protokolla toimii lähettäjän puolella siten, että se ottaa vastaan datapaketteja sovellukselta ja lähettää niitä sen jälkeen kanavaan. Vastaanottajan puolella protokolla ottaa vastaan paketteja kanavasta ja luovuttaa ne sovellukselle. Käytännössä lähettävä sovellus sijoittaa paketteja varatulle muistialueelle eli *puskuriin*, josta protokolla käy niitä noutamassa. Samoin vastaanottajan puolella protokolla sijoittaa vastaanotetut paketit puskuriin, josta sovellus käy ne noutamassa.

Oletetaan seuraavassa, että lähettävä kone on A ja vastaanottava kone B . Kun A :n lähettämä paketti saapuu virheettömänä B :lle, B kuittaa paketin vastaanotetuksi *lähettämällä kuittaussanoman* A :lle. Vasta kun kuittaus on saapunut A :lle, A voi ottaa puskurista uuden paketin ja lähettää sen. Jotta kuittaussanoma kohdistuisi aina oikeaan pakettiin, paketit ja kuittaukset numeroidaan. Osoittautuu, että vain numeroita 0 ja 1 tarvitsee käyttää. Seuraava kaavio näyttää protokollan toiminnan, kun tiedonsiirtovirheitä ei tapahdu.



Eli A ottaa ensin get-sanomalla datapakettin puskurista ja lähettää datapakettin d varustettuna numerolla 0 ja jää odottamaan kuittauksia. B saa datapakettin virheettömänä, luovuttaa sen put-sanomalla sovellukselle eli puskuriin ja lähettää kuittauksen a varustettuna myös numerolla 0 jätään odottamaan seuraavaa pakettia. A vastaanottaa virheettömän kuittauksen oikealla numerolla 0, ottaa uuden paketin puskurista ja lähettää tämän jälkeen uuden datapakettin varustettuna nyt numerolla 1. B vastaanottaa tämän paketin, tunnistaa sen uudeksi paketiksi numeron perusteella, luovuttaa paketin sovellukselle ja lähettää paketin kuittauksen uudella numerolla 1. Tämäkin kuittaus tulee virheettömänä perille. A tunnistaa sen numeron perusteella edellisen paketin kuittaukseksi, ottaa taas uuden paketin puskurista ja lähettää tämän uuden datapakettin, johon tulee taas numero 0. B vastaanottaa, luovuttaa eteenpäin ja kuittaa.

Jatkossa tällaista kaaviota, joka esittää jotain tilannetta tiedonsiirrossa, kutsutaan *skenaarioksi*. Tämän protokollan skenaarioissa siis aika kulkee vasemmalta oikealle. Vaakasuorien viivojen väliin jäävä alue kuvaa tilannetta, kun sanomat tai kuittaukset ovat kanavassa. Put- ja get-sanomat hakevat tai luovuttavat sanomia puskuriin. Skenaarioon ei ole piirretty puskuireita erikseen.

Protokollan toiminta, kun kanava kadottaa tai vääristää sanomia

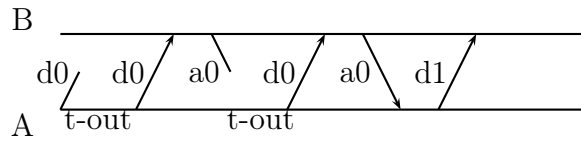
Edellisessä skenaariossa tiedonsiirtokanava toimi virheettömästi. Protokollan täytyy kuitenkin varautua myös virheisiin. Tavallisia virheitä ovat tilanteet, joissa paketti katoaa tai vääristyy, tai kuittaus katoaa tai vääristyy. Oletetaan, että tiedonsiirtokanava voi myös monistaa paketteja. Tämä tarkoittaa, että kun lähetetään paketti, kanava toimittaakin perille kaksi tai useampia kopioita samasta paketista. Eri kopioiden välillä voi olla mielivaltaisen pitkiä taukoja. Tiedonsiirtokanavasta oletetaan lisäksi, että kanavassa voi olla useita paketteja samaan aikaan, mutta pakettien järjestys kanavassa ei voi muuttua. Toisin sanoen jos kanavaan lähetetään paketit m_1 ja m_2 , niin paketit tulevat perille myös samassa järjestyksessä. Tämä koskee myös monistumista: Jos kanava

Jotta protokolla toipuisi tiedonsiirtovirheistä, otetaan käyttöön *ajastin*. Ajastin on lähettäjän A puolella. Mikäli A ei saa kuittausta kohtuullisessa ajassa, ajastin laukeaa eli protokolla saa *timeout*-sanoman (tai t-out -sanoman) ja A lähettää edellisen datapaketin uudestaan. Vääristyneet datasanomat ja kuittaukset tulkitaan kadonneiksi paketeiksi, toisin sanoen vääristyneisiin paketteihin ei reagoida. Protokollan täytyy toimia siten, ettei se luovuta eteenpäin jo aikaisemmin tullutta ja eteenpäin luovutettua pakettia. (Tällainen protokolla on osa laajempaa ohjelmistokokonaisuutta. Muut ohjelmiston osat ottavat datapaketit tarkempaan käsittelyyn ja protokollamme tehtävänä on vain ottaa vastaan lähetettäviä paketteja muilta ohjelmistomoduuleilta, välittää paketit tiedonsiirtokanavan yli ja luovuttaa vastaanottopäässä paketit edelleen muille moduuleille.)

```

sequenceDiagram
    participant A
    participant B
    A->>B: d0
    B-->A: a0
    Note over A: timeout
  
```

Katsotaan vielä skenaario, jossa datapaketti katoaa ja heti sen jälkeen kuittauskin katoaa. Protokolla toipuu tästäkin tilanteesta ajastimen avulla:



Skenaariossa ensimmäinen datapaketti $d0$ katoaa, joten kuittaus ei kuulu ja A :n ajastin laukeaa. A lähettää datapaketin $d0$ uudestaan ja tällä kertaa se menee perille. Kuitenkin pakettiin liittyvä kuittaus $a0$ katoaa. Täten A :n ajastin laukeaa taas ja datapaketti $d0$ lähetetään uudestaan. Tämäkin datapaketti menee virheettömänä perille. B huomaa saman paketin saapuneen uudelleen, ei luovuta sitä eteenpäin, mutta lähettää kuittauksen. Nyt kuittaus $a0$ menee virheettömänä perille ja protokolla jatkuu normaalisti seuraavan paketin lähetyksellä.

Kysymykset

Kysymys 2.1.

Näytä skenaarion avulla, miten protokolla käsittelee tilanteen, jossa kuittaus vääristyy. Piirrä tähän ja seuraaviin skenaarioihin myös get- ja put-sanomat. (maksimipistemäärä 2)

Kysymys 2.2.

Näytä skenaarion ja siihen liittyvän sanallisen selostuksen avulla, ettei protokolla toimi oikein, jos sanomia ei numeroida. (maksimipistemäärä 3)

Kysymys 2.3.

Oletetaan, että ajastin laukeaa, vaikka kuittaus onkin tulossa virheettömänä A :lle. Näytä skenaarion avulla, että protokolla toipuu tästäkin tilanteesta. (maksimipistemäärä 4)

Kysymys 2.4.

Osoita skenaarion avulla, ettei protokolla toimi oikein, jos kanava voi kadottaa ja monistaa sanomia sekä lisäksi vaihtaa sanomien järjestystä kanavassa. (maksimipistemäärä 4)

Käännä!

Kysymys 2.5.

Oletetaan, että protokollaa käytetään siirtämään 10 megatavun tiedostoa koneelta A koneelle B. Koneiden välimatka on 4000 km ja signaalin nopeus kanavassa (yksinkertaisuuden vuoksi) 200 000 km/s. Kanavaan voi lähettää nopeudella 10 megabittiä sekunnissa. Kuinka kauan tiedoston lähettäminen kestää, kun käytetään vuorottelevan bitin protokollaa ja tiedosto pilkotaan 1000 tavun kokoisiksi paketeiksi, jotka lähetetään erikseen. Kuittausten koko on 1000 bittiä. Kanava toimii virheettömästi.

Tavu on 8 bittiä, kilotavu on (yksinkertaisuuden vuoksi) 1000 tavua, megatavu on 1000 kilotavua. (maksimipistemäärä 5)

Kysymys 2.6.

Kuten edellinen kysymys, mutta nyt kanava kadottaa 10% sanomista, joista puolet on datasanomia, puolet kuittauksia. Ajastin laukeaa 5 sekunnin kuluksaan, jos kuittausta ei ole saapunut. (maksimipistemäärä 5)

Kysymys 2.7.

Selitä, mitä tekijöitä täytyy ottaa huomioon ajastimen ajan asetuksessa, kun tavoitteena on tehokas ajastin, joka ei laukea liian aikaisin, mutta joka ei myöskään jätä odottamaan turhan kauan. (maksimipistemäärä 2)

Tehtävä 3: Ongelmanratkaisutehtävä

Tässä tehtävässä esitetään neljä toisistaan riippumatonta yleistä ongelmanratkaisukykyä mittaavaa osatehtävää.

Kysymys 3.1 Korttien etupuolelle on piirretty joko ympyrä tai neliö, korttien selkäpuolet ovat taas kuvioimattomia ja yksivärisiä. Edessäsi pöydällä on neljä korttia, joista kaksi ensimmäistä on etupuoli ylöspäin ja kaksi seuraavaa selkäpuoli ylöspäin. Ensimmäisen kortin kuvio on neliö, toisen ympyrä, kolmannen selkäpuoli on sininen ja neljännen punainen.

Mitkä kortit tulee sinun vähintään kääntää osoittaaksesi, että seuraava ehto on pöydällä olevilla korteilla voimassa: *Jos etupuolella on ympyrä, niin selkäpuoli on punainen.* (3 p)

Kysymys 3.2 Alina, Eemeli, Hanna, Iivari, Jaana, Kalle, Liisa ja Matti ovat kahdeksan opiskelijaa yliopistolla. Heillä kullakin on yksi pääaine, jota he opiskelevat. Näiden opiskelijoiden pääaineet ovat sosiologia, tietojenkäsittely ja matematiikka. Kuhunkin pääaineeseen heistä kuuluu korkeintaan kolme. Jokaisella heistä on oma lempiurheilulaji, vaihtoehtoina ovat jalkapallo, sähly, lentopallo, sulkapallo, tennis, pesäpallo, jääkiekko ja pingis. Kellään kahdella ei ole samaa lempiurheilulajia. Tiedetään että

- Iivari on tietojenkäsittelijä, eikä pidä jalkapallosta eikä sählystä.
- Kalle ja Alina ovat ryhmän ainoat sosiologit, Alina pitää pingiksestä.
- Jaanalla ja Matilla ei kummallakaan ole sama pääaine kuin Iivarilla.
- Hanna pitää jääkiekosta eikä opiskele matematiikkaa.
- Liisa ei opiskele tietojenkäsittelyä eikä pidä sählystä eikä sulkapallosta.
- Eräs tietojenkäsittelijä pitää jalkapallosta.
- Eräs sosiologi pitää lentopallosta.
- Kukaan tietojenkäsittelijä ei pidä sulkapallosta eikä tenniksestä.
- Matti ei pidä sählystä.

(a) Mikä on Jaanan pääaine? (2 p)

(b) Ketkä heistä ovat tietojenkäsittelijöitä? (2 p)

(c) Mikä on Jaanan lempiurheilulaji? (2 p)

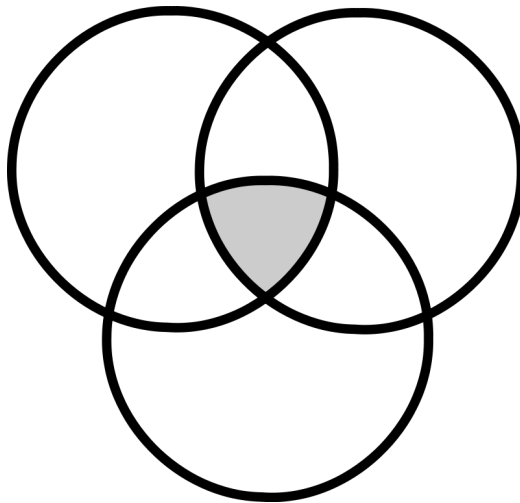
Kysymys 3.3 Tuhat ihmistä osallistui haastatteluun, jossa kysyttiin seuraavat kysymykset:

1. Käytätkö Linux-käyttöjärjestelmää?
2. Osaatko ohjelmoida?
3. Pitäisikö peruskouluissa opettaa ohjelmointia?

Oletetaan, että jokaiseen kysymykseen on pakko vastata joko kyllä tai ei. Saatiin selville, että

- 550 ihmistä vastasi kysymykseen 3 kyllä (ja vastaavasti 450 ei),
- 325 vastasi tarkalleen kahteen kysymykseen kyllä, eli heidän vastauksissaan on kaksi kertaa kyllä ja kerran ei,
- 100 ihmistä vastasi kyllä kaikkiin kolmeen kysymykseen,
- 125 Linux-käyttäjistä osaa ohjelmoida.

Moniko niistä, joiden mielestä peruskouluissa pitäisi opettaa ohjelmointia, ei ole Linux käyttäjä, eikä lisäksi myöskään osaa ohjelmoida (eli heidän vastausrivinsä on: 1. ei, 2. ei, 3. kyllä)? (6 p)



Kuva 1: Venn-diagrammi

Vinkki: hyödyllinen visualisointimenetelmä, jonka avulla oikeaa vastausta voi ryhtyä etsimään on ns. Venn-diagrammi (Kuva 1). Kuvassa kukin ympyrä kuvaa ihmisiä jotka ovat vastanneet tiettyyn kysymykseen kyllä. Tummen-

Tietojenkäsittelytieteen valintakoe 23.5.2016

nettu alue, jolla kaikki ympyrät leikkaavat, kuvaa niitä ihmisiä, jotka ovat vastanneet kaikkiin kolmeen kysymykseen kyllä (100 ihmistä).

Kysymys 3.4 Tässä tehtävässä analysoimme Tienausverkosto-yrityksen liiketoimintasuunnitelmaa. Verkoston toiminta perustuu seuraavanlaiseen rakenteeseen:

- Yrityksen perustaja on verkostossa tasolla 1.
- Perustaja aloittaa värväämällä kaksi uutta jäsentä, jotka liittyvät tasolle 2.
- Jokainen verkostoon liittyvä jäsen pyrkii aina värväämään kaksi uutta jäsentä Tienausverkostoon. Tasolla k olevan jäsenen värväämät uudet jäsenet liittyvät aina tasolle $k + 1$. (Eli esim. tason 4 värväämät jäsenet liittyisivät tasolle 5, näiden värväämät tasolle 6 jne.)
- Oletetaan, että henkilö X värvää henkilön Y verkostoon. Tällöin sanotaan, että X on Y :n edeltäjä, ja vastaavasti Y on X :n seuraaja. Perustajaa lukuunottamatta kullakin verkoston jäsenellä on tasan yksi edeltäjä, ja maksimissaan kaksi seuraajaa.
- Liittyessään verkostoon uusi jäsen maksaa aloitusmaksun 100 euroa. Tästä 10 euroa annetaan suoraan verkoston perustajalle. Loput 90 euroa uusi jäsen antaa edeltäjälleen. Edeltäjä jakaa nuo 90 euroa verkostossa eteenpäin seuraavan periaatteen mukaan:
 - Aina saadessaan rahaa seuraajaltaan, verkoston jäsen pitää summasta 10 euroa itsellään. Jos jäljelle jää rahaa, hän antaa loput edeltäjälleen, joka jakaa rahan eteenpäin tämän saman periaatteen mukaisesti.
 - Verkoston perustaja saa pitää kaikki seuraajiltaan saamansa rahat, koska hänellä ei ole edeltäjää.

Esimerkiksi jos tasolle kuusi liittyisi uusi jäsen, hänen edeltäjänsä, tämän edeltäjä jne. tasoilla 5, 4, 3 ja 2 saisivat kukin 10 euroa, loput rahat menisivät verkoston perustajalle.

Kysymystä ratkaistaessasi voit tehdä seuraavan oletuksen:

- Verkosto täytetään taso kerrallaan, eli vasta kun kaikki tason k jäsenet ovat saaneet värvättyä 2 uutta jäsentä, aloittavat tason $k + 1$ jäsenet värväyksen.
- (a) Montako tasoa verkostolla on, kun verkostoon on liittynyt 1000 jäsentä?
(3 p)

Tietojenkäsittelytieteen valintakoe 23.5.2016

- (b) Paljonko parhaimmillaan jäsen, joka ei ole perustaja, voi tällöin tienata? Huomioi aloitusmaksu arviossasi. (3 p)
- (c) Verkoston kasvaessa hyvin suureksi kuinka suurelle osalle jäsenistä (prosentteina tai murtolukuna) verkostoon kuulumisen on tappiollista, eli he maksavat enemmän kuin saavat rahaa? Voit olettaa tilanteen, jossa verkoston alin taso on kokonaan täynnä. Likiarvo riittää vastaukseksi. (4 p)